

# 繰り返し伸長による残留歪からみた糸の疲労

高橋和雄, 村上裕美

## Fatigue of thread estimated by residual strain after the repeated cycles of stretching

Kazuo TAKAHASHI\* and Yumi MURAKAMI

アパレル製品の膝、肘部分の突き出し（バギング）は、消費者苦情要因の一つである。このバギングの程度は、JIS L 1061により、一定長まで伸長した布の除重後の長さ変化から試験されている。しかし、衣服は着用時の動きが莫大な回数となり、部位によっては布に残留歪が蓄積する。また、極めて多数回の繰り返し伸長による残留歪の研究は、ゴム紐などで1965年代後半までに行われていたが、糸および布の場合の研究は、極めて少ない。

そこで、本研究では、第1段階として糸に限定して、繰り返し伸縮後の長さ変化(残留歪)を疲労の目安として検討した。伸長率が大きくなるほど、また、繰り返し伸縮回数が多くなるほど、糸の残留歪は大きくなった。また、シャッペスパン糸では番号が小さいほど、より数が少ないためもあって、残留歪が大きくなった。よりの甘い糸は繊維同士の接触が弱く、繰り返し伸縮によって伸びてしまい、元に戻りにくいからと考えられる。糸の種類や構造によって、残留歪が異なることが明らかにされた。

キーワード：糸の繰り返し伸縮、残留歪、疲労、布のバギング

### 1. はじめに

近年において、ゆとりと豊かさに満ちたライフスタイルが志向され、ファッションに対する関心は高まっている。そうした背景と新素材の開発、加工技術の高度化を受け、アパレル製品の多様化と高付加価値化が目覚しくなっている。また、商品の素材とともに品質への消費者の要求も一段と高度になってきている。したがって、アパレル商品の企画において、高度なデザインや感性が要求され、デザイナーやパタンナー、マーチャンダイザーは当然このことを意識していなければならない。さらには、要求される品質が長期間維持されねばなら

---

\*E-mail address of the corresponding author: k-takahashi@wayo.ac.jp

なく、そうでない場合の製品劣化は消費者苦情の発生原因となってくる。

アパレル製品に求められる品質性能は、JISなどによって規定されている種々の品質試験によって評価されている。しかしながら、その中でも耐疲労性については力学的作用が複雑なため、規格化が十分ではない。たとえば、ポリウレタン糸使いの製品、接着芯地、ラミネートやコーティング品の樹脂皮膜などは、繰り返し伸長などの作用で経時変化が問題となるが、標準化された評価法はほとんどない。それは、経時変化を加速度的に短時間で評価することと、実用で受ける複雑な作用を盛り込むことなどが極めて難しいためである。

膝、肘部分の突き出し（バギング）も苦情要因の一つであり、JIS L 1061に規定された試験法において、布を一定長まで伸長し、除重後の長さ変化から評価されている。しかし、衣服着用時の動きによって莫大な回数の伸縮を受けているため、布に残留歪が蓄積するはずである。ちなみに、ゴム紐などでの極めて多数回の繰り返し伸長による残留歪の研究は1965年ごろまでに行われているが、糸および布の場合の研究は、極めて少ない。

そこで、本研究では、第1段階として糸に限定して、繰り返し伸縮後の長さ変化(残留歪)を疲労の目安として検討した。

## 2. 方 法

### 1) 試 料

図1に示す市販の糸で測定した。ただし、図中にも示したように、DMC社の刺繍糸5番（綿100%、7.1回）、綿手縫い糸（15回）、ボタン付け糸（ポリエステル100%、10.9回）、シャッペスパン糸（ポリエステル100%、30番14.5回、50番14.8回、60番18.7回、90番21.1回）、ナイロン糸（50番27回）を用いた。ただし、各カッコ内の回数は、2.54cm当たりのより数である。




### 2) 糸の荷重伸長曲線用装置

糸の荷重伸長曲線をえるために、インストロン型伸長試験機（Shimadzu AUTOGRAPH）を用いた。試長5.8cm、伸長速度3.77cm/minで、24℃65%RHの温湿度で測定した。

### 3) 糸の繰り返し伸長装置

XYプロッタ（渡辺測器、現グラフテック MILOT WX4671）のX軸方向に糸固定用の治具を付設した。図2の固定点Aおよび移動点Bは、糸の固定用治具を示す。糸の試長（把持点間隔）は10cm、伸縮速度は319cm/minとした。伸長率は荷重伸長曲線を参考に、5、7.5および10%とした。伸縮回数は、100、500および1,000回とし、それぞれ3回ずつの測定値から平均残留歪を求めた。ただし、シャッペスパン（フジックス）のミシン糸の場合、100%

a)

糸の銘柄	素材	番手 (tex)	より数 (回/2.54cm)	備考
	綿 100%	219.9	7.1	DMC #5 刺繍糸
	ポリエステル 100%	86.9	10.9	シャツペ ボタン付け糸 #20/3(Z)
	絹 100%	33.7	15.0	オリツル 絹手縫い糸 9号

b)

番号	糸の銘柄	素材	番手 (tex)	より数(回) /2.54cm	備考
#30	 	ポリエステル 100%	59.9	14.5	三子糸 厚地用 ミシン糸
#50	 	絹 100%	25.1	14.8	絹ミシン糸、 形状糸 78dtex×1×3
#50	 	ナイロン 100%	25.0	27.0	双糸 ニット用 ミシン糸
#60	 	ポリエステル 100%	35.8	18.7	普通地用 60/3 Z
#90	 	ポリエステル 100%	22.0	21.1	双糸 薄地用 ミシン糸

図1 糸試料（a：手縫い糸、b：ミシン糸）

ポリエステル＃30、＃50、＃60、および＃90、ならびに、100%ナイロン糸の＃60に対して、それぞれ伸長率10%の500回だけとした。

残留歪(%)は、(繰り返し伸縮後の長さ－始長) / 始長 × 100 で求めた。

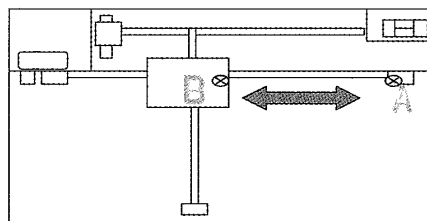


図2 糸の繰り返し伸縮装置の概要

プロッタ駆動のためのコンピュータにはPANAFACOM C-15Eを用い、プログラムは図3で示した。ただし、9100行以降の出力サブルーチンが複雑のため記載されていないが、基本的には9100 PRINT #1, "M", X, Y : RETURNと同一機能のものである。

```

10 DIM S$(60), SS$(60), G$(60), GG$(60)
20 PRINT " START" @PRINT " SPEED? " ; @ INPUT SS
30 PRINT " LENGTH? (X0, Y0) " ; @ INPUT X0, Y0
40 IF X0>3600 OR Y0>0 THEN 30
60 X0 = X0*3600/3520 @ X = 3600-X0 @ Y = Y0 @ GOSUB 9100
80 PRINT " EXTENTION? (%) " ; @ INPUT EXT @ EXT = EXT/100
90 PRINT " HOW MANY TIMES? " ; @ INPUT N
91 FOR J = 1 TO N
92 X = 3600-X0-EXT*X0 @ GOSUB 9100 @ FOR K= 1 TO SS @ NEXT K
94 X = 3600-X0 @ GOSUB 9100 @ FOR K= 1 TO SS @ NEXT K
96 PRINT " Now " ; J
98 NEXT J
99 STOP @ END
9100 (output routine written here)
9980 RETURN

```

図3 糸の繰り返し伸縮装置のプログラム

### 3. 結果と考察

各種糸の荷重伸長曲線(24℃、65%RH)と残留歪(%)をそれぞれ図4～7に示した。長さの測定は繰り返し伸縮の終了直後に行っているため弾性回復が完全ではなかった可能性があるが、それぞれの試料ごとに検討してみた。

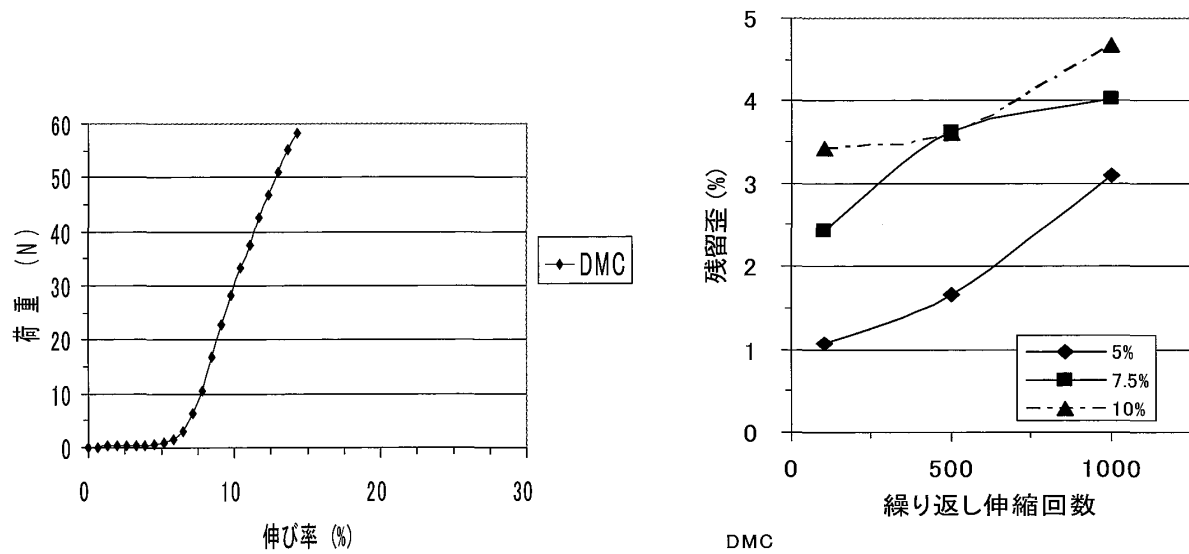


図4 DMC #5 刺繍糸の荷重伸長線（左）と残留歪（右）

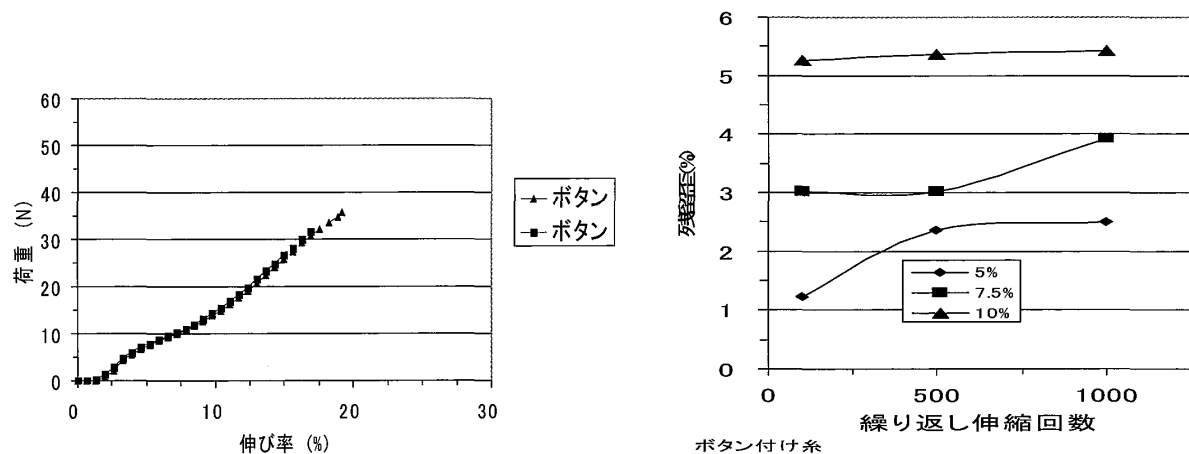


図5 ボタン付け糸の荷重伸長曲線（左）と残留歪（右）

図4のDMC社の刺繍糸では、伸長率および回数の変化に対して1～2mmの長さ増加であった。フィラメント糸を用いた糸のため、値が小さくなっていると考えられる。一方、ボタン付け糸での図5は、図4よりも若干大きい値を示している。しかし、伸長率10%では回数の変化に対して残留歪の変化は少ない。ある一定の伸長を起こしてしまうと、回数によって残留歪の変化は変わらなくなるが、図5左図を参照してみると、これは糸の弾性限界を超えたためと考えられる。

図6の絹手縫い糸の結果では、回数に対し直線的变化がみられた。また、ボタン付け糸と同様に、回数の変化よりも伸長率によって残留歪が大きく変化していることが認められる。このことはどの伸長量に対してもいえ、比例的に残留歪が大きくなっている。

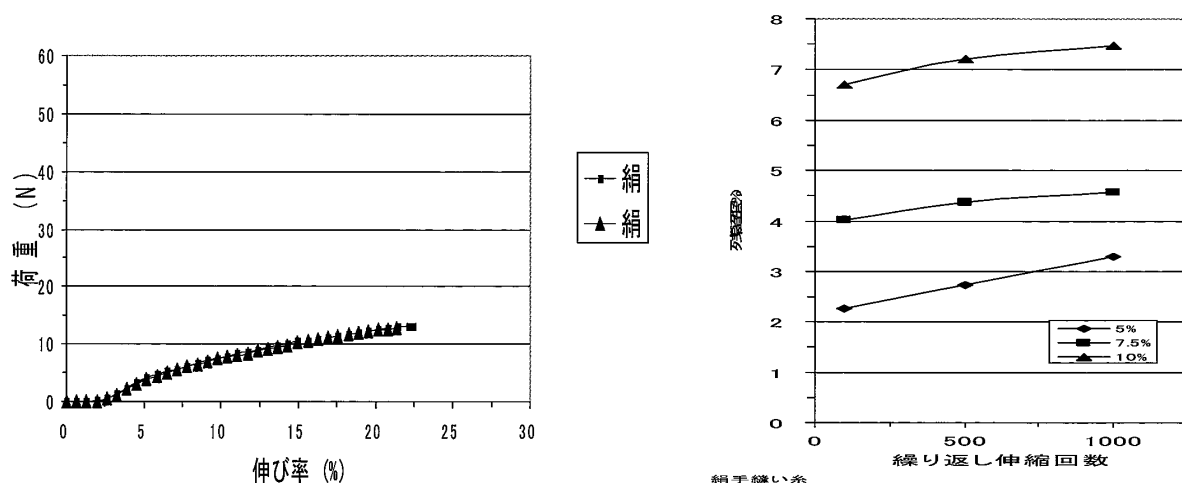


図6 絹手縫い糸の荷重伸長曲線(左)と残留歪(右)

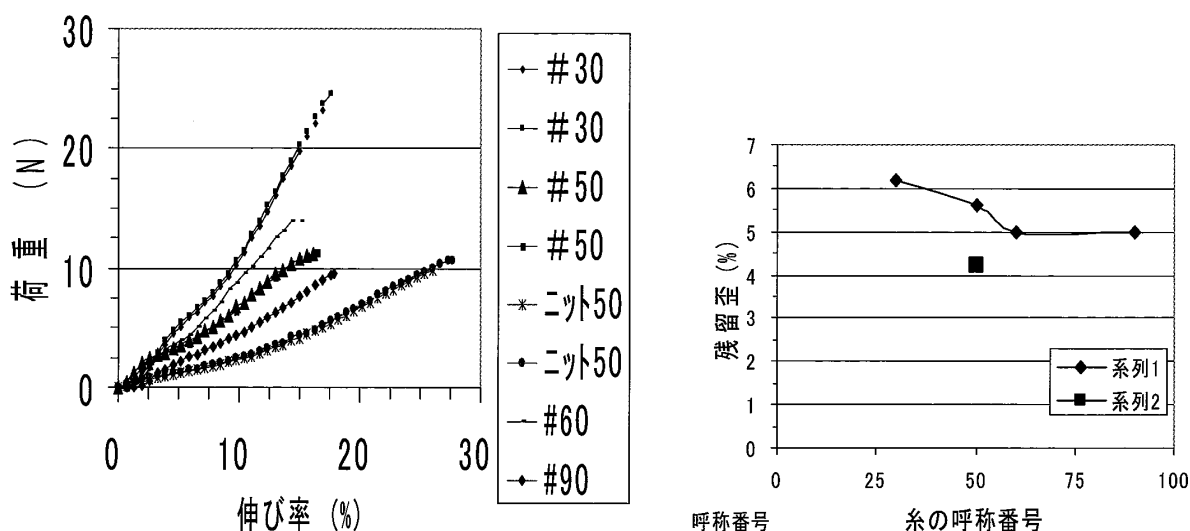


図7 シャップеспан糸の荷重伸長曲線(左)と残留歪(右、系列1:シャップеспанミシン糸、系列2:ニット用ミシン糸)

図7のシャップеспан糸では、10%伸長の500回繰り返しで、5種類の糸に関する残留歪は、約5%となった。呼称番号の増大にともないより数がおおきくなっているため、また、糸の太さも変化するため、残留歪が減少し、レベルオフしたと考えられる。#90の糸は薄地用ということもあり、糸が細く、より数も多いことが反映していると考えられる。なお、#90は、伸びにくく、糸が切れてしまうことがあった。図中の系列2は、ナイロンのニット用ミシン糸であり、系列1のポリエステル#50に比べてより数が約2倍あり、この糸では実験後10分の時間経過で約1%の回復がみられた。

よりの甘い糸（より係数の小さい）は繊維同士の絡み合いが糸の伸長によって、伸びてしまった後では元に戻りにくく、残留歪が大きくなると考えられる。これらの実験から、糸の繰り返し伸縮から起こる残留歪量は、より数、素材、伸縮量、伸縮回数に関係があることが明らかにされた。

#### 4. ま と め

伸長率が大きくなるほど、また、繰り返し伸縮回数が多くなるほど、糸の残留歪は大きくなった。残留歪の変化の仕方が糸によって異なり、シャッペスパン糸では番号が小さいほど、よりが少ないためもあって、残留歪が大きくなった。よりの甘い糸は繊維同士の接触が弱く、繰り返し伸縮によって伸びてしまい、元に戻りにくいからと考えられる。逆に、撚りの多い糸は撚りの作用で元の形に戻ろうとし、残留歪が少なくなるからといえる。

これらの結果から、繰り返し伸長から起こる残留歪量は、撚り数などの糸構造、伸張率に関係していることが明らかにされた。

織物用の糸での実験は、継続中である。吸湿量、柔軟剤の有無などの関連のほか、弾性域を大きく越えた塑性域での実験も必要と考えている。

#### 付 記

本論文は、日本繊維製品消費科学会関東支部主催の卒論発表会（2004年）、および日本家政学会第56回大会（ポスターセッション2-②-1）において発表したものである。

高 橋 和 雄（本学家政学部教授）

村 上 裕 美（本学卒業生、丸大紙業㈱）